Esercitazione
Reti Sequenziali Asincrone

Reti Logiche T

Ingegneria Informatica

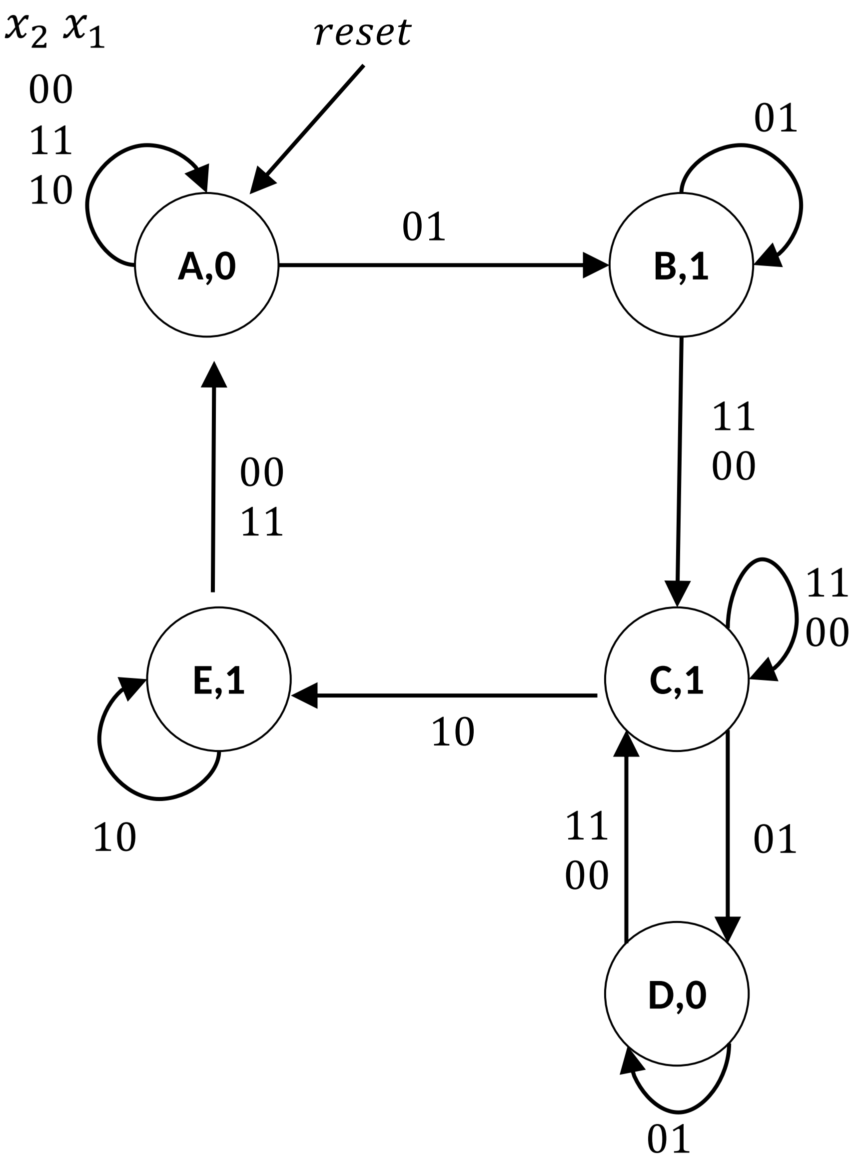
Esercizio 1 - Sintesi

- Una rete sequenziale asincrona riceve due ingressi x_1, x_2 e produce in uscita un segnale z.
  I segnali di ingresso **non cambiano mai di valore contemporaneamente**.
- I due segnali x_1 e x_2 codificano 4 possibili simboli: 00=«A», 01=«B», 11=«C», 10=«D».
- L'uscita z della rete deve valere 1 se negli ultimi tre ingressi (compreso quello corrente) il simbolo B si è verificato **una ed una sola** volta.
- All'inizializzazione la rete assume di non aver visto il simbolo B negli ultimi 3 ingressi.

Esercizio 1 - Sintesi

- Individuare il grafo degli stati utilizzando il modello di Moore e dare una descrizione sintetica della storia degli ingressi memorizzata in ogni stato.
- Riportare la tabella di flusso corrispondente al grafo degli stati individuato.
- Individuare una codifica degli stati indicando il grafo delle adiacenze e la tabella delle transizioni, indicando e risolvendo eventuali corse critiche.
- Individuare le espressioni **SP** di costo minimo della variabile di uscita e delle variabili di stato futuro, riportando le mappe di Karnaugh e i raggruppamenti rettangolari individuati.
- Disegnare lo schema logico della rete comprensivo della rete di reset.

Grafo degli stati



Stato	Riassunto
A	**‘01’ visto 0 volte**
B	**‘01’ visto 1 volta, XX-XX-01**
C	**‘01’ visto 1 volta, XX-01-XX**
D	**‘01’ visto 2 volte, 01-XX-01**
E	**‘01’ visto 1 volta, 01-XX-XX**

Tabella di Flusso

$x_2\ x_1$

stato presente	00	01	11	10	Z
A	A	B	A	A	0
B	C	B	C	-	1
C	C	D	C	E	1
D	C	D	C	-	0
E	A	-	A	E	1

stato futuro

Adiacenze tra stati e codifica

- Non ci sono colonne con una sola stabilità, quindi non posso escluderne nessuna dall’analisi sulle adiacenze tra stati presenti e futuri
- Una possible codifica priva di corse critiche può essere ottenuta direttamente dal grafo delle adiacenze.

$y_2\backslash y_1 y_0$	00		01		11		10	
0	**A**	→	**B**	→	**C**	→	**E**	→
					↓↑			
1					**D**			

Tabella delle transizioni

$x_2\ x_1$

$y_2 y_1 y_0$

	00	01	11	10	Z
A=000	000	001	000	000	0
B=001	011	001	011	-	1
C=011	011	111	011	010	1
E=010	000	-	000	010	1
110	-	-	-	-	-
D=111	011	111	011	-	0
101	-	-	-	-	-
100	-	-	-	-	-

$Y_2 Y_1 Y_0, z$

Sintesi Combinatoria - Z

Moore!

$y_2 \backslash y_1 y_0$	00	01	11	10
0	0	1	1	1
1	-	-	0	-

$$Z = y_2' y_0 + y_2' y_1$$

Sintesi Combinatoria - Y_2

$y_1y_0 \backslash x_2x_1$	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	-
11	0	1	0	0
10	0	-	0	0

$y_2 = 0$

$y_1y_0 \backslash x_2x_1$	00	01	11	10
00	-	-	-	-
01	-	-	-	-
11	0	1	0	-
10	-	-	-	-

$y_2 = 1$

$$Y_2 = y_1 x_2' x_1$$

Sintesi Combinatoria - Y_1

$y_1y_0 \backslash x_2x_1$	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	1	0	1	-
11	1	1	1	1
10	0	-	0	1

$y_2 = 0$

$y_1y_0 \backslash x_2x_1$	00	01	11	10
00	-	-	-	-
01	-	-	-	-
11	1	1	1	-
10	-	-	-	-

$y_2 = 1$

$$Y_1 = y_1y_0 + y_1x_2x_1' + y_0x_1' + y_0x_2$$

Sintesi Combinatoria - Y_0

$y_1y_0 \backslash x_2x_1$	00	01	11	10
00	0	1	0	0
01	1	1	1	-
11	1	1	1	0
10	0	-	0	0

$y_2 = 0$

$y_1y_0 \backslash x_2x_1$	00	01	11	10
00	-	-	-	-
01	-	-	-	-
11	1	1	1	-
10	-	-	-	-

$y_2 = 1$

$$Y_0 = y_0x_2' + y_0x_1 + x_2'x_1$$

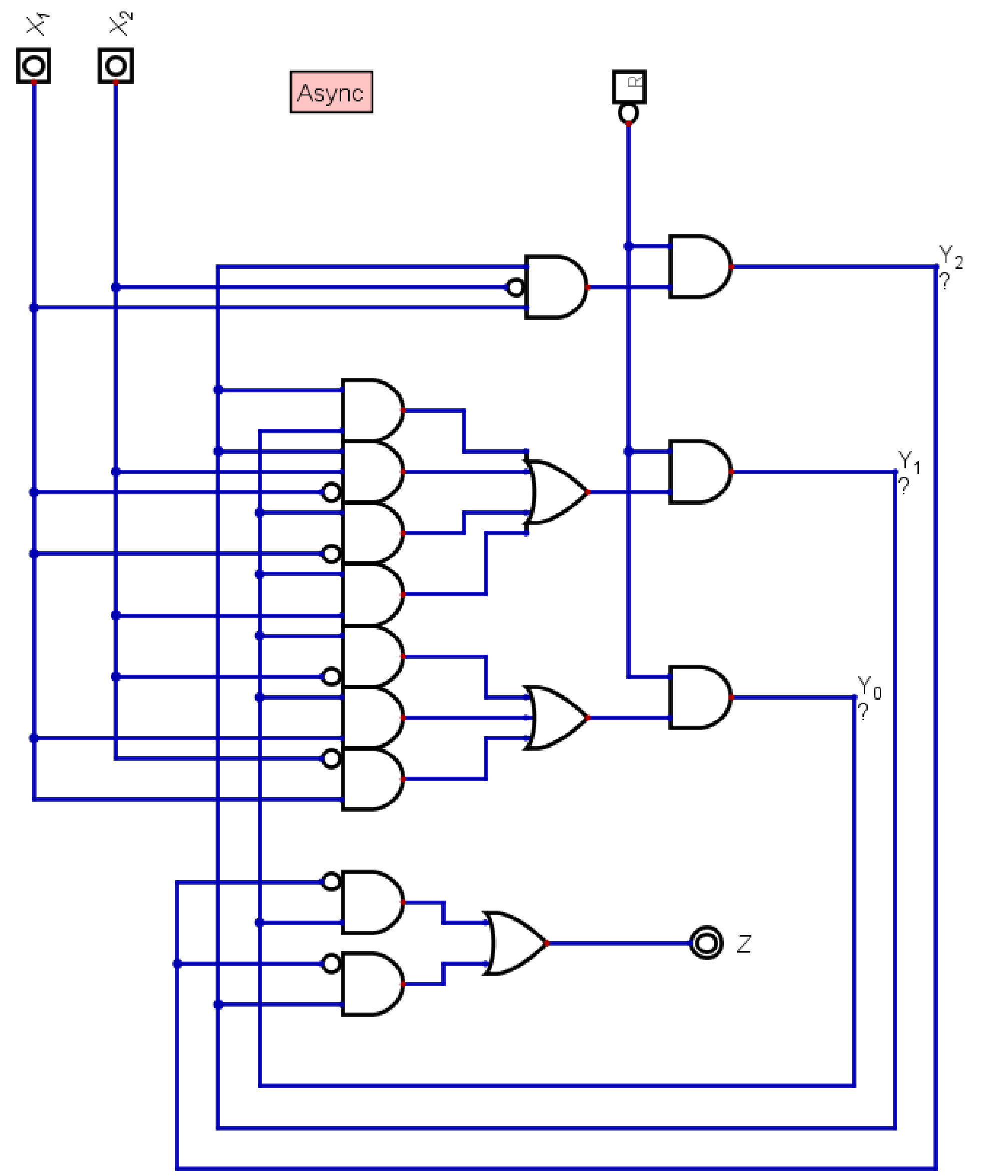
Schema logico con rete di reset

$$Z = y_2'y_0 + y_2'y_1$$

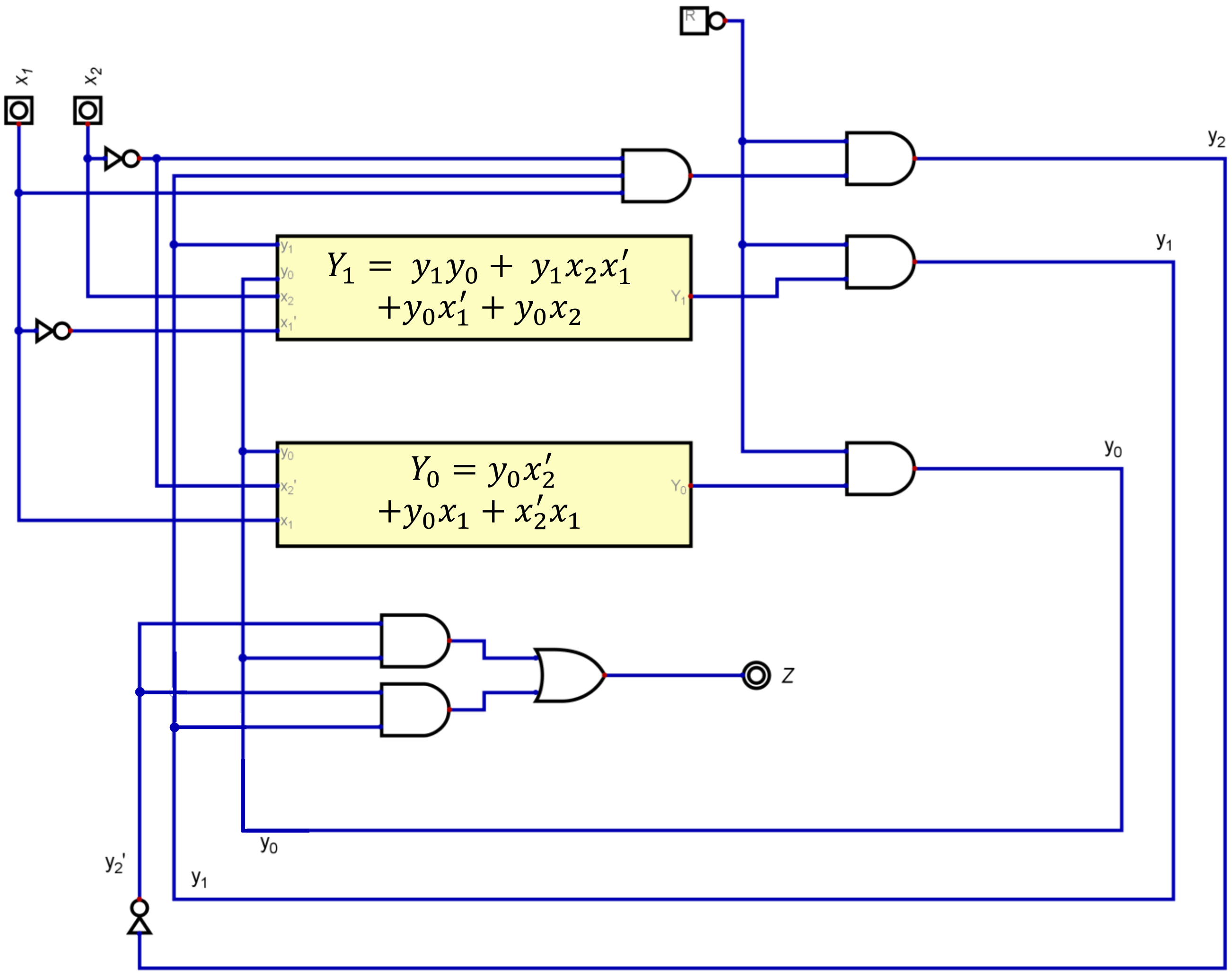
$$Y_2 = y_1x_2'x_1$$

$$Y_1 = y_1y_0 + y_1x_2x_1' + y_0x_1' + y_0x_2$$

$$Y_0 = y_0x_2' + y_0x_1 + x_2'x_1$$



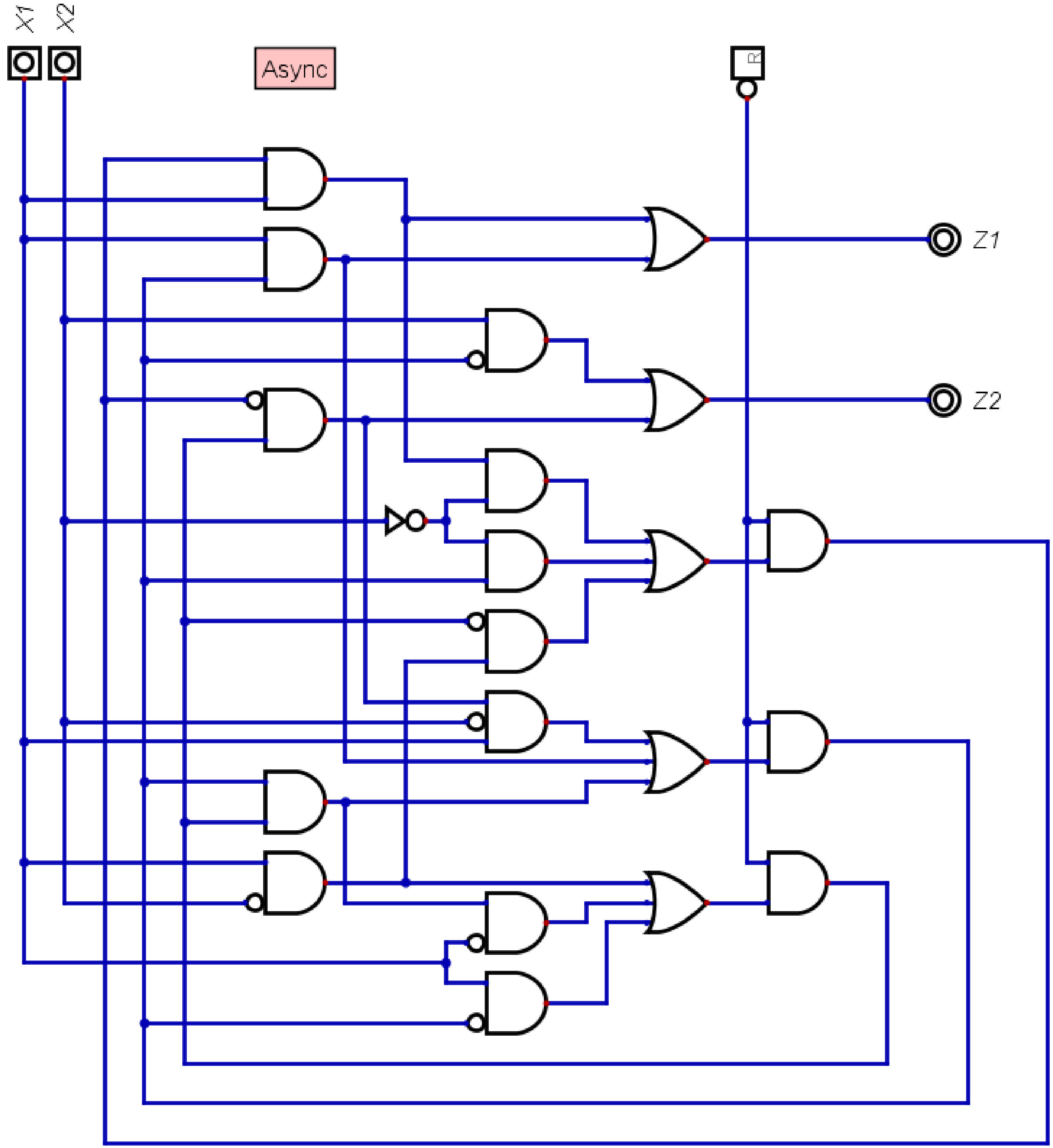
Schema logico semplificato



Nel compito è accettabile riportare le espressioni SP più complesse come blocchi, devono però essere presenti la struttura complessiva della rete con i segnali in retroazione, la rete di reset e i giusti collegamenti

Esercizio 2 - Analisi

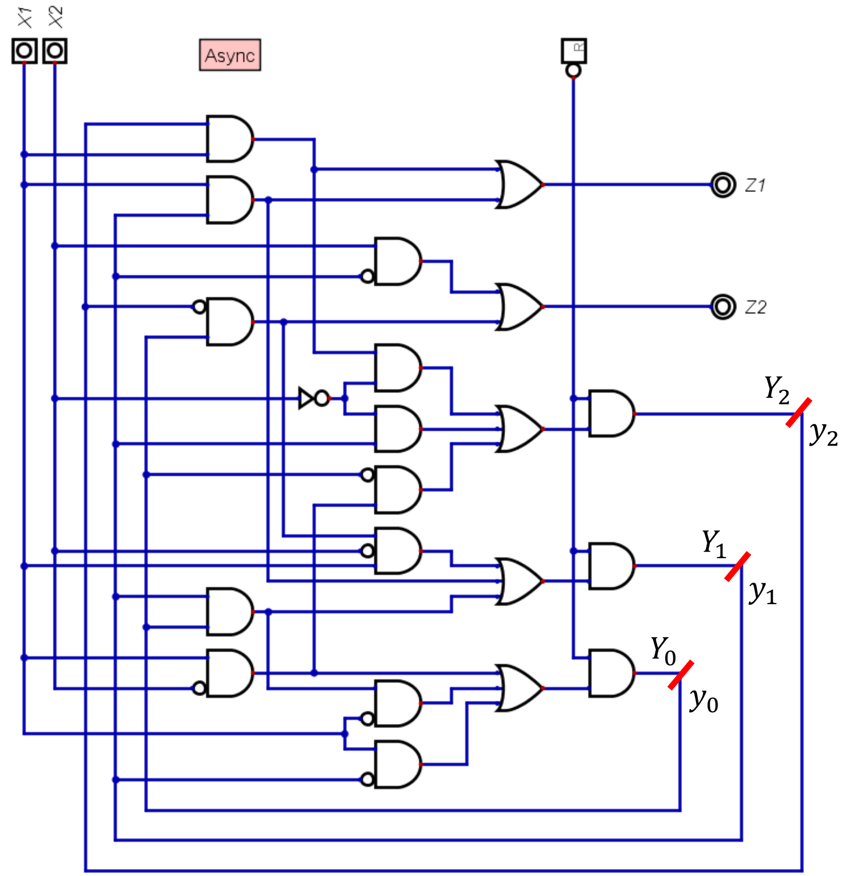
- Considerare la RSA a due ingressi (x_1, x_2) e due uscite (z_1, z_2) riportata nella slide successiva.
- La rete è implementata secondo il modello di Moore o Mealy?
- Eseguire l'analisi della RSA. In particolare:
  - Riportare le espressioni SP corrispondenti ai segnali di uscita e di stato.
  - Compilare le mappe di Karnaugh corrispondenti alle espressioni individuate al punto precedente, riportandone anche i raggruppamenti rettangolari.
  - Individuare la tabella delle transizioni e indicare quali stati e/o configurazioni di ingresso non sono usate dalla rete.
  - Individuare eventuali violazioni dei vincoli di corretta progettazione di una RSA.
  - Riportare tabella di flusso, grafo degli stati e fornire un'interpretazione del comportamento della RSA.



X1
X2
Async
R
Z1
Z2

Esercizio 2 - Analisi

La rete è implementata secondo il modello di **Mealy** visto che le uscite dipendono sia da ingressi che variabili di stato.
Distinguiamo virtualmente le **variabili di stato presente** (ingressi delle funzioni combinatorie) che indichiamo con y_2, y_1, y_0 dalle **variabili di stato futuro** (uscite), che indichiamo con Y_2, Y_1, Y_0.



Espressioni

Espressioni delle uscite e variabili di stato in forma SP:

$$z_1 = y_2 x_1 + y_1 x_1$$

$$z_2 = y_1' x_2 + y_2' y_0$$

$$Y_2 = ((y_2 x_1) x_2') + y_1 x_2' + (y_0'(x_2' x_1) = y_2 x_2' x_1 + y_1 x_2' + y_0' x_2' x_1$$

$$Y_1 = y_1 y_0 + y_1 x_1 + ((y_2' y_0) x_2' x_1) = y_1 y_0 + y_1 x_1 + y_2' y_0 x_2' x_1$$

$$Y_0 = x_2' x_1 + ((y_1 y_0) x_1') + y_1' x_1 = x_2' x_1 + y_1 y_0 x_1' + y_1' x_1$$

Mappe variabili uscita

$y_1y_0 \backslash x_2x_1$	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	0
11	0	1	1	0
10	0	1	1	0

$y_2 = 0$

$y_1y_0 \backslash x_2x_1$	00	01	11	10
00	0	1	1	0
01	0	1	1	0
11	0	1	1	0
10	0	1	1	0

$y_2 = 1$

$$z_1 = y_2x_1 + y_1x_1$$

Mappe variabili uscita

y_1y_0 \ x_2x_1	00	01	11	10
00	0	0	1	1
01	1	1	1	1
11	1	1	1	1
10	0	0	0	0

$y_2 = 0$

y_1y_0 \ x_2x_1	00	01	11	10
00	0	0	1	1
01	0	0	1	1
11	0	0	0	0
10	0	0	0	0

$y_2 = 1$

$$z_2 = y_1' x_2 + y_2' y_0$$

Mappe variabili stato

y_1y_0 \ x_2x_1	00	01	11	10
00	0	1	1	0
01	0	1	1	0
11	1	1	0	1
10	0	1	0	0

$y_2 = 0$

y_1y_0 \ x_2x_1	00	01	11	10
00	0	1	1	0
01	0	1	1	0
11	1	1	0	1
10	0	1	0	0

$y_2 = 1$

$$Y_0 = x_2'x_1 + y_1y_0x_1' + y_1'x_1 + y_1y_0x_2'$$

Vincolo di progetto violato: manca termine che evita alee statiche

Mappe variabili stato

y_1y_0 \ x_2x_1	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	1	0	0
11	1	1	1	1
10	0	1	1	0

$y_2 = 0$

y_1y_0 \ x_2x_1	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	0
11	1	1	1	1
10	0	1	1	0

$y_2 = 1$

$$Y_1 = y_1y_0 + y_1x_1 + y_2'y_0x_2'x_1$$

Mappe variabili stato

y_1y_0 \ x_2x_1	00	01	11	10
00	0	1	0	0
01	0	0	0	0
11	1	1	0	0
10	1	1	0	0

$y_2 = 0$

y_1y_0 \ x_2x_1	00	01	11	10
00	0	1	0	0
01	0	1	0	0
11	1	1	0	0
10	1	1	0	0

$y_2 = 1$

$$Y_2 = y_2x_2'x_1 + y_1x_2' + y_0'x_2'x_1$$

Tabella delle Transizioni

La disposizione degli stati nelle righe segue la disposizione delle mappe di Karnaugh per facilitare il compito di ricopiare i valori (ossia non uso una codifica gray per gli stati).

$x_2\ x_1$

$y_2 y_1 y_0$	00	01	11	10
000	000,00	101,00	001,10	000,10
001	000,10	011,10	001,10	000,10
011	111,10	111,11	010,11	011,10
010	100,00	111,01	010,01	000,00
100	000,00	101,01	001,11	000,10
101	000,00	101,01	001,11	000,10
111	111,00	111,01	010,01	011,00
110	100,00	111,01	010,01	000,00

$Y_2 Y_1 Y_0, z_2 z_1$

1. Individuo le stabilità

Tabella delle Transizioni

$x_2\, x_1$

$y_2y_1y_0$	00	01	11	10
000	000,00	101,00	001,10	000,10
001	000,10	011,10	001,10	000,10
011	111,10	111,11	010,11	011,10
010	100,00	111,01	010,01	000,00
100	000,00	101,01	001,11	000,10
101	000,00	101,01	001,11	000,10
111	111,00	111,01	010,01	011,00
110	100,00	111,01	010,01	000,00

$Y_2Y_1Y_0, z_2z_1$

1. Individuo le stabilità

2. Individuo colonne e righe prive di stabilità (quindi corrispondenti a configurazioni degli ingressi o stati non utilizzati dalla rete)

Tabella delle Transizioni

$y_2y_1y_0$ \ $x_2\,x_1$	00	01	11	10
000	000,00	101,00	001,10	000,10
001	000,10	011,10	001,10	000,10
011	111,10	111,11	010,11	011,10
010	100,00	111,01	010,01	000,00
100	000,00	101,01	001,11	000,10
101	000,00	101,01	001,11	000,10
111	111,00	111,01	010,01	011,00
110	100,00	111,01	010,01	000,00

$Y_2Y_1Y_0, z_2z_1$

1. Individuo le stabilità

2. Individuo colonne e righe prive di stabilità (quindi corrispondenti a configurazioni degli ingressi o stati non utilizzati dalla rete)

3. Individuo celle non adiacenti a stabilità (quindi corrispondenti a combinazioni stato/configurazione di ingresso impossibili)

Transizioni multiple e corse critiche

$x_2\ x_1$

$y_2y_1y_0$	00	01	11	10
000	000,00	101,00	001,10	000,10
001	000,10	011,10	001,10	000,10
011	111,10	111,11	010,11	011,10
010	100,00	111,01	010,01	000,00
100	000,00	101,01	001,11	000,10
101	000,00	101,01	001,11	000,10
111	111,00	111,01	010,01	011,00
110	100,00	111,01	010,01	000,00

$Y_2Y_1Y_0, z_2z_1$

$x_2\ x_1$

$y_2y_1y_0$	00	01	11	10
000	000,00	**101**,00	001,10	000,10
001	000,10	**011**,10	001,10	000,10
011	111,10	111,11	010,11	011,10
010	100,00	**111**,01	010,01	000,00
100	000,00	101,01	001,11	000,10
101	**000**,00	101,01	001,11	000,10
111	111,00	111,01	**010**,01	011,00
110	100,00	111,01	010,01	000,00

$Y_2Y_1Y_0, z_2z_1$

Analizzo tutte le coppie (stato presente, stato futuro) possibili, cercando:

1. **Potenziali corse critiche** -> errori di progettazione da segnalare (vedi slide successiva)
2. **Transizioni multiple** -> nella TdF metterò lo stato finale in tutte le celle interessate

Attenzione: le celle di “partenza” che devo analizzare sono solo quelle non individuate negli step precedenti come “non utilizzate dalla rete”!!

Analisi corse

$y_2y_1y_0$ \ $x_2\,x_1$	00	01	11	10
000	000,00	**101**,00	001,10	000,10
001	000,10	**011**,10	001,10	000,10
011	111,10	111,11	010,11	011,10
010	100,00	**111**,01	010,01	000,00
100	000,00	101,01	001,11	000,10
101	**000**,00	101,01	001,11	000,10
111	111,00	111,01	**010**,01	011,00
110	100,00	111,01	010,01	000,00

$Y_2Y_1Y_0, z_2z_1$

Corsa	Transizioni di stato	Uscite
101 -> 000	101 -> 100 -> 000 OK 101 -> 001 -> 000 OK OK, corsa NON critica	00 -> 00 -> 00 OK 00 -> 10 -> 00 NO **Transizione multipla con glitch sull'uscita z_2**
000 -> 101	000 -> 001 -> 011 -> 111 NO 000 -> 100 -> 101 OK Corsa critica	Ininfluenti in caso di corsa critica
010 -> 111	010 -> 011 -> 111 OK 010 -> 110 -> 111 OK OK, corsa NON critica	01 -> 11 -> 01 NO 01 -> 01 -> 01 OK **Transizione multipla con glitch sull'uscita z_2**
111 -> 010	111 -> 011 -> 010 OK 111 -> 110 -> 010 OK OK, corsa NON critica	01 -> 11 -> 01 NO 01 -> 01 -> 01 OK **Transizione multipla con glitch sull'uscita z_2**

Violazioni vincoli

- Manca l'implicante $y_1 y_0 x_2'$ che permette di evitare a priori alee statiche nella sintesi di Y_0
- E' presente una corsa critica in stato 000 per ingresso 01
- L'uscita z_2 non mantiene il valore costante durante la transizione multipla 101->000 per ingresso 00 nel percorso 101-001-000
- L'uscita z_2 non mantiene il valore costante durante la transizione multipla 010->111 per ingresso 01 nel percorso 010 -> 011 -> 111
- L'uscita z_2 non mantiene il valore costante durante la transizione multipla 111->010 per ingresso 11 nel percorso 111-011-010

NOTA BENE:
L'analisi procede ignorando i vincoli violati che abbiamo individuato! Il nostro scopo è capire cosa volesse realizzare chi ha progettato (male) la rete, non correggere come lo abbia fatto.

Tabella di Flusso

$x_2\ x_1$

$y_2y_1y_0$	00	01	11	10
000	000,00	101,00	001,10	000,10
001	000,10	~~011,10~~ 111,10	001,10	000,10
011	111,10	111,11	010,11	011,10
010	100,00	111,01	010,01	000,00
100	000,00	101,01	001,11	000,10
101	000,00	101,01	001,11	000,10
111	111,00	111,01	010,01	011,00
110	100,00	111,01	010,01	000,00

$Y_2Y_1Y_0, z_2z_1$

Riparto dalla TdT, ignorando le corse critiche ma mettendo lo stato finale delle **transizioni multiple** nelle celle interessate.

Tabella di Flusso

$y_2y_1y_0$ \ $x_2\,x_1$	00	01	11	10
000	000,00	101,00	001,10	000,10
001	000,10	**111**,10	001,10	000,10
011	111,10	111,11	010,11	011,10
010	100,00	111,01	010,01	000,00
101	000,00	101,01	001,11	000,10
111	111,00	111,01	010,01	011,00

$Y_2Y_1Y_0, z_2z_1$

- Rimuovo righe prive di stabilità
- Metto indifferenze in stato futuro e uscite di tutte le celle di colonne prive di stabilità (non presenti in questo esercizio)

Tabella di Flusso

$x_2\ x_1$

$y_2 y_1 y_0$	00	01	11	10
000	000,00	101,00	001,10	000,10
001	-,-	**111**,10	001,10	000,10
011	111,10	-,-	010,11	011,10
010	-,-	111,01	010,01	000,00
101	000,00	101,01	001,11	-,-
111	111,00	111,01	010,01	011,00

$Y_2 Y_1 Y_0, z_2 z_1$

Metto indifferenze nelle celle non adiacenti a stabilità

Tabella di Flusso

$y_2y_1y_0$ \ $x_2\,x_1$	00	01	11	10
000	000,00	101,0-	001,10	000,10
001	-,-	111,--	001,10	000,10
011	111,-0	-,-	010,--	011,10
010	-,-	111,01	010,01	000,--
101	000,0-	101,01	001,--	-,-
111	111,00	111,01	010,01	011,-0

$Y_2Y_1Y_0, z_2z_1$

Metto indifferenze dove ci sono variazioni sull'uscita, confrontando l'uscita dello stato presente e dello stato futuro **quando sono stabili**

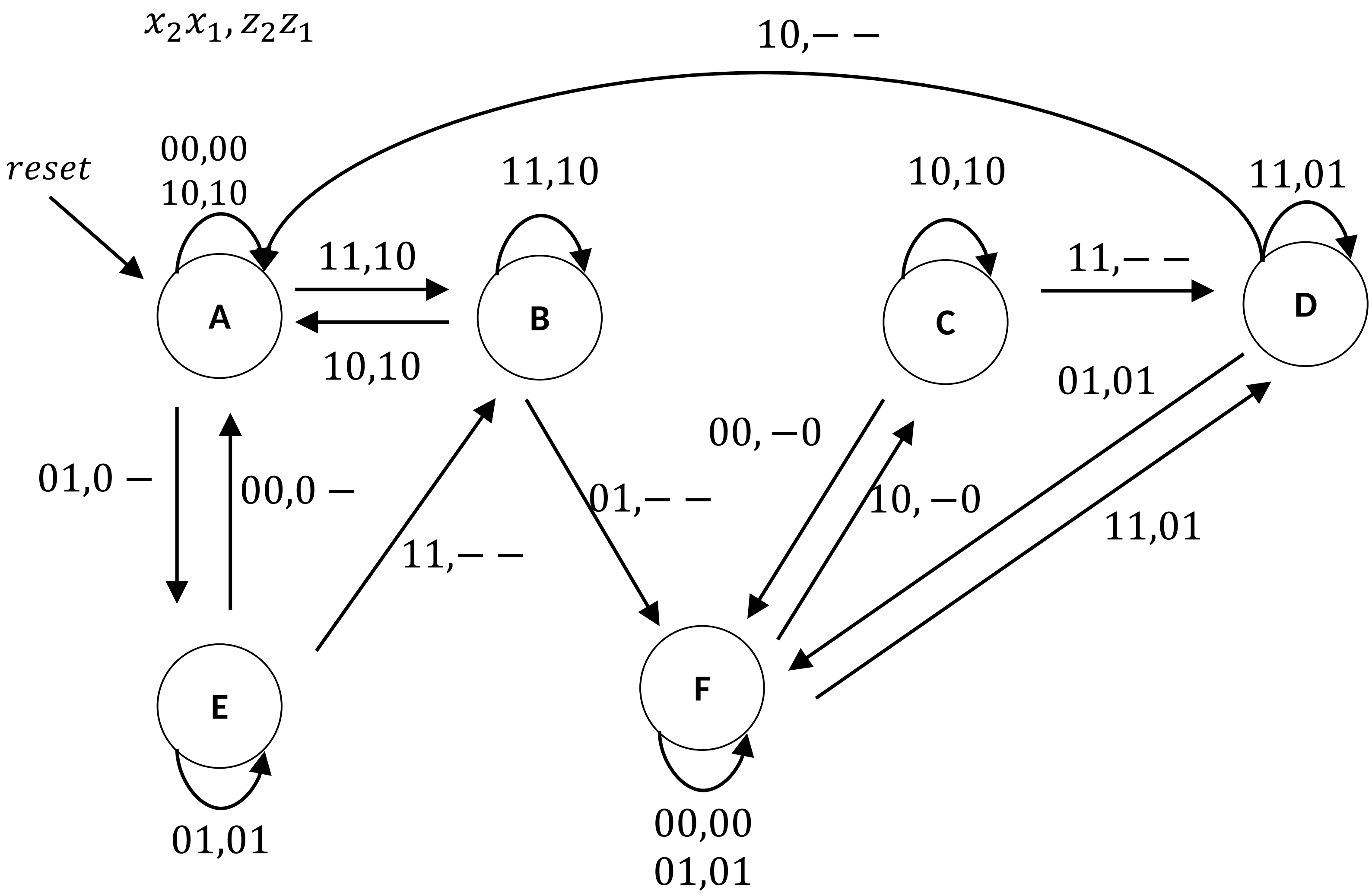
Tabella di Flusso

$y_2y_1y_0$ \ $x_2\ x_1$	00	01	11	10
A	A,00	E,0-	B,10	A,10
B	-,-	F,--	B,10	A,10
C	F,-0	-,-	D,--	C,10
D	-,-	F,01	D,01	A,--
E	A,0-	E,01	B,--	-,-
F	F,00	F,01	D,01	C,-0

$Y_2Y_1Y_0, z_2z_1$

Inserisco simboli al posto delle codifiche binarie degli stati

Grafo degli Stati



Interpretazione

- Ogni qualvolta gli ingressi presentano al più un 1, la rete riporta in uscita il valore del rispettivo ingresso.

- Ogni qualvolta gli ingressi sono pari a 11, le uscite riportano la configurazione degli ingressi successiva all'ultima volta in cui $x_1x_2 = 11$.

- All'inizializzazione la rete assume che la configurazione degli ingressi successiva all'ultima volta in cui $x_1x_2 = 11$ sia stata 10.

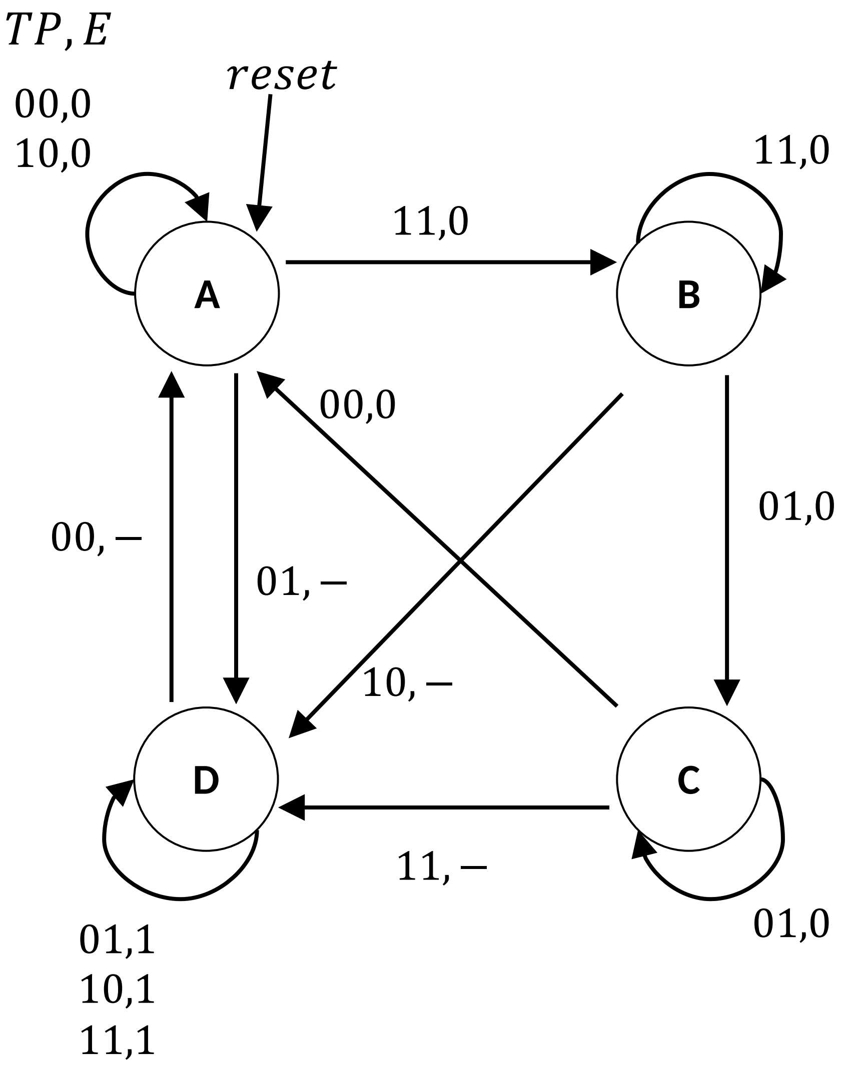
Esercizio 3 - Sintesi

- Un gas viene mantenuto a volume costante all’interno di un contenitore per il funzionamento di una macchina termica. Il gas è monitorato da due sensori, uno che ne rileva la temperatura ed uno che ne rileva la pressione. Ciascuno dei due sensori produce un segnale binario.
- Il **sensore di pressione P** vale 1 se la pressione ha superato una soglia X, e vale 0 altrimenti. Il **sensore di temperatura T** vale 1 se la temperatura ha superato una soglia Y, e vale 0 altrimenti.
- Il corretto ciclo di funzionamento della macchina prevede il riscaldamento del gas in modo che la temperatura superi il valore X, quindi si attende che la pressione superi il valore Y, ed a questo punto il gas viene raffreddato in modo che la temperatura scenda sotto il valore X, e successivamente anche la pressione scenda sotto il valore Y.
- Una **rete sequenziale asincrona** riceve in ingresso i due segnali P e T e produce in uscita un **segnale di errore E**. Il segnale E deve valere 1 se si verifica almeno una di queste condizioni: (1) dopo l’accensione di T e di P (ossia dopo che T e P hanno assunto il valore 1), il sensore P si spegne prima del sensore T; (2) una volta spento il segnale T, questo si riaccende prima dello spegnimento di P; (3) prima dell’inizio del ciclo di riscaldamento, si accende subito il sensore P.
- Il segnale E deve essere mantenuto a 1 fino a che il sistema non viene riportato alla condizione in cui entrambi i sensori sono disattivati. **Nota**: se, all’inizio del ciclo di riscaldamento, il sensore T si accende e poi si spegne, senza che si sia acceso il sensore P, non deve essere generato errore.
- La rete prevede un segnale di reset per portare la rete nello stato di inizio ciclo all’avvio della macchina.

Esercizio 3 - Sintesi

- Individuare il grafo degli stati utilizzando **il modello di Mealy** e dare una descrizione sintetica di ogni stato.
- Riportare la tabella di flusso corrispondente al grafo degli stati individuato.
- Individuare una codifica degli stati indicando il grafo delle adiacenze e la tabella delle transizioni, indicando e risolvendo eventuali corse critiche.
- Individuare le espressioni **PS** di costo minimo della variabile di uscita e delle variabili di stato futuro, riportando le mappe di Karnaugh e i raggruppamenti rettangolari individuati.
- Disegnare lo schema logico della rete comprensivo della rete di reset.

Grafo degli stati



Stato	Riassunto
A	**Condizione di riposo o gas riscaldato**
B	**Temperatura e pressione raggiunte**
C	**Raffreddamento completato**
D	**Errore rilevato**

Tabella Di Flusso

TP

$stato\ presente$	00	01	11	10
A	A,0	D,-	B,0	A,0
B	-,-	C,0	B,0	D,-
C	A,0	C,0	D,-	-,-
D	A,-	D,1	D,1	D,1

$stato\ futuro, E$

Adiacenze tra stati e codifica

	00	01	11	10
A	A,0	D,-	B,0	A,0
B	-,-	C,0	B,0	D,-
C	A,0	C,0	D,-	-,-
D	A,-	D,1	D,1	D,1

$y_0 \backslash y_1$	0		1
0	**A**	$\rightarrow$	**B**
	$\downarrow$		$\downarrow$
1	D	$\leftarrow$	C

- La colonna TP=00 ha un solo stato stabile (A) per cui può essere esclusa dallo studio delle adiacenze. La corsa tra C ed A non è critica!
- È presente una corsa critica tra B e D (freccia rossa), risolvibile tramite una transizione multipla $B \rightarrow C \rightarrow D$ (freccia verde), sfruttando le indifferenze presenti in C con ingressi 10.

Tabella Delle Transizioni

y_0y_1 \ TP	00	01	11	10
A=00	00,0	10,-	01,0	00,0
B=01	00,0	11,0	01,0	11,-
C=11	00,0	11,0	10,-	10,-
D=10	00,0	10,1	10,1	10,1

Y_0Y_1, E

In rosso termini modificati per risolvere corse critiche, in giallo termini modificati per garantire il raggiungimento dell'unico stato stabile con ingressi 00 e uscite costanti.

Sintesi Combinatoria E

y_0y_1 \ TP	00	01	11	10
00	0	-	0	0
01	0	0	0	-
11	0	0	-	-
10	0	1	1	1

$$E = y_0 y_1'(T + P)$$

Sintesi Combinatoria Y_0

y_0y_1 \ TP	00	01	11	10
00	0	1	0	0
01	0	1	0	1
11	0	1	1	1
10	0	1	1	1

$$Y_0 = (T + P)(y_0 + T' + P')(y_0 + y_1 + T')(y_0 + y_1 + P)$$

Termine extra per evitare alee statiche

Sintesi Combinatoria Y_1

y_0y_1 \ TP	00	01	11	10
00	0	0	1	0
01	0	1	1	1
11	0	1	0	0
10	0	0	0	0

$$Y_1 = (T + P)(y_1 + T)(y_0' + T')(y_1 + P)(y_0' + y_1)(y_0' + P)$$

Termini extra per evitare alee statiche

Schema logico con rete di reset

$$E = y_0 y_1{}'(T + P)$$

$$Y_0 = (T + P)(y_0 + \mathrm{T}' + \mathrm{P}')$$
$$(\mathrm{y}_0 + \mathrm{y}_1 + \mathrm{T}')(\mathrm{y}_0 + \mathrm{y}_1 + \mathrm{P})$$

$$Y_1 = (T + P)(y_1 + T)(y_0' + T')$$
$$(y_1 + P)(y_0' + \mathrm{y}_1)(\mathrm{y}_0' + \mathrm{P})$$